

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-031867

(43)Date of publication of application : 31.01.2003

(51)Int.Cl.

H01L 43/08
G01R 33/09
G11B 5/39
H01F 10/30
H01F 10/32
H01L 43/12

(21)Application number : 2001-216125

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 17.07.2001

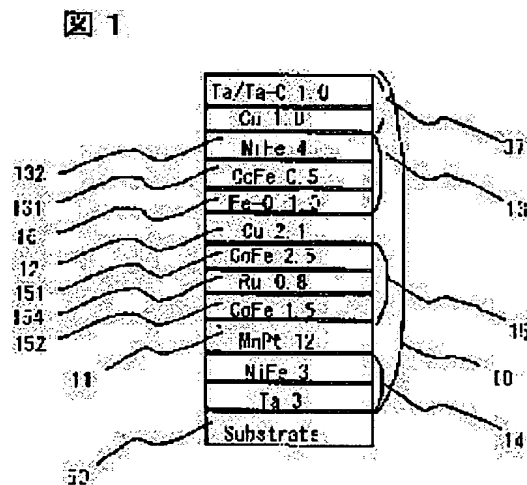
(72)Inventor : HOSHIYA HIROYUKI
SOEYA SUSUMU
MEGURO KENICHI

(54) MAGNETORESISTIVE EFFECT ELEMENT CONSTITUTED BY LAMINATING OXIDE MAGNETIC LAYER AND METALLIC MAGNETIC LAYER UPON ANOTHER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve the problem that no sufficient reproduced output is obtained from the conventional laminated magnetoresistive effect film composed of metallic magnetic films.

SOLUTION: A magnetoresistive effect element having a high magnetoresistive effect is obtained by forming a high-polarizability layer having a thickness of ≤ 10 nm in contact with the interface between a nonmagnetic layer and an intermediate layer as an Fe-rich Fe-O layer and heat-treating the Fe-O layer into a ferromagnetic Fe-O layer.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-31867

(P 2 0 0 3 - 3 1 8 6 7 A)

(43) 公開日 平成15年1月31日 (2003.1.31)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H01L 43/08		H01L 43/08	Z 2G017
G01R 33/09		G11B 5/39	5D034
G11B 5/39		H01F 10/30	5E049
H01F 10/30		10/32	
10/32		H01L 43/12	

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全14頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2001-216125 (P 2001-216125)	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22) 出願日	平成13年7月17日 (2001.7.17)	(72) 発明者	星屋 裕之 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	添谷 進 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(74) 代理人	100075096 弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

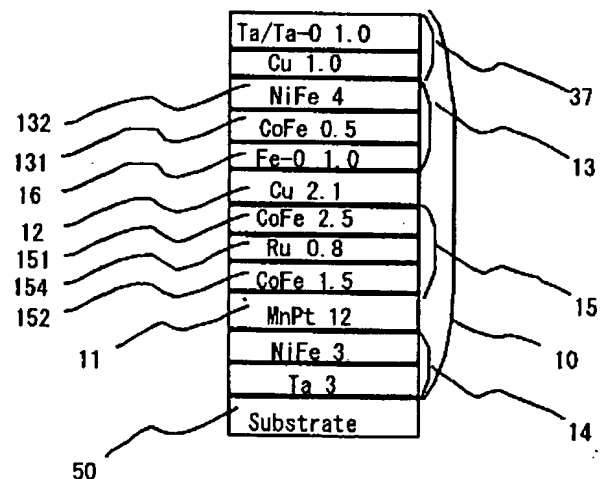
(54) 【発明の名称】 酸化物磁性層と金属磁性膜を積層した磁気抵抗効果素子

(57) 【要約】

【課題】 従来の金属磁性膜からなる磁気抵抗効果積層膜では十分な再生出力が得られなかった。

【解決手段】 非磁性層中間層界面に接して10nm以下の厚さの高分極率層を、FeリッチなFe-O層として形成し、熱処理によって強磁性Fe-O層の積層膜とし、これによって高い磁気抵抗効果を有する磁気抵抗効果素子を得る。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】非磁性中間層を介して分離した少なくとも二層の強磁性層による強磁性層／非磁性中間層／強磁性層の積層構成を有し、外部の磁界に応じて上記強磁性層の互いの磁化の相対角度が変わって上記積層構成が磁気抵抗効果を生じる部材と、上記抵抗変化を検出するための少なくとも一対の電極を有する磁気抵抗効果素子において、少なくとも一方の強磁性層が高分極率層からなり、少なくとも一方の非磁性中間層／強磁性層界面が非磁性中間層／高分極率層の構成を有して、上記高分極率層が主にハーフメタルなどの強磁性化合物もしくは強磁性化合物と金属の混合体からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】非磁性中間層を介して分離した少なくとも二層の強磁性層による強磁性層／非磁性中間層／強磁性層の積層構成を有し、外部の磁界に応じて上記強磁性層の互いの磁化の相対角度が変わって上記積層構成が磁気抵抗効果を生じる部材と、上記抵抗変化を検出するための少なくとも一対の電極を有する磁気抵抗効果素子において、少なくとも一方の強磁性層が高分極率層と強磁性金属層の積層体からなり、少なくとも一方の非磁性中間層／強磁性層界面が非磁性中間層／高分極率層／強磁性金属層の構成を有して、上記高分極率層が主にハーフメタルなどの強磁性化合物もしくは強磁性化合物と金属の混合体であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項3】非磁性中間層を介して分離した少なくとも二層の強磁性層による強磁性層／非磁性中間層／強磁性層の積層構成を有し、外部の磁界に応じて上記強磁性層の互いの磁化の相対角度が変わって上記積層構成が磁気抵抗効果を生じる部材と、上記抵抗変化を検出するための少なくとも一対の電極を有する磁気抵抗効果素子において、少なくとも一方の強磁性層が、強磁性化合物もしくは強磁性化合物を含有する高分極率層と強磁性金属層の積層体からなり、少なくとも一方の非磁性中間層／強磁性層界面が非磁性中間層／高分極率層／強磁性金属層の構成を有して、上記高分極率層が主にマグネタイトまたは $\text{Fe}_3\text{O}_4 - x$ (x は0から3、望ましくは2から3)、または $\text{MFe}_2\text{O}_4 - x$ ($\text{M}=\text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Mn}, \text{Cr}, \text{Zn}, x$ は0から3、望ましくは2から3)の組成からなる強磁性酸化物、あるいは上記強磁性酸化物と Fe との混合体、あるいは上記強磁性酸化物と $\text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$ などを含む強磁性金属との混合体であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項4】上記強磁性層／非磁性中間層／強磁性層の積層構成のいずれか一方の強磁性層が、反強磁性膜と直接全面に積層した交換結合などの固定手段により、感知すべき磁界に対して実質的にその磁化方向が固定されることを特徴とする前記請求項ないし3のいずれか記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】第1の強磁性金属層／非磁性中間層／第2

の強磁性層／反平行結合層／第3の強磁性金属層／反強磁性膜の積層構成を有し、上記反強磁性膜による交換結合で上記反強磁性膜と直接全面に積層した交換結合で上記第3の強磁性層の磁化が感知すべき磁界に対して実質的にその磁化方向が固定され、上記反平行結合層による交換結合で上記第2の強磁性層の磁化が上記第3の強磁性層の磁化に対して反平行に固定され、その結果上記第2の強磁性金属層の磁化が感知すべき磁界に対して実質的にその磁化方向が固定され、外部の磁界に応じて上記第1の強磁性層と第2の強磁性層の相対角度が変わって上記積層構成が磁気抵抗効果を生じる部材と、上記抵抗変化を検出するための少なくとも一対の電極を有する磁気抵抗効果素子において、上記第2の強磁性層が強磁性酸化物もしくは高分極率を有する強磁性酸化物と強磁性金属の混合体である高分極率層と、強磁性金属層との積層体からなり、第1の強磁性層／非磁性中間層／高分極率層／強磁性金属層の構成を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項6】第1の強磁性金属層／非磁性中間層／第2の強磁性層／反平行結合層／第3の強磁性金属層／反強磁性膜の積層構成を有し、上記反強磁性膜による交換結合で上記反強磁性膜と直接全面に積層した交換結合で上記第3の強磁性層の磁化が感知すべき磁界に対して実質的にその磁化方向が固定され、上記反平行結合層による交換結合で上記第2の強磁性層の磁化が上記第3の強磁性層の磁化に対して反平行に固定され、その結果上記第2の強磁性金属層の磁化が感知すべき磁界に対して実質的にその磁化方向が固定され、外部の磁界に応じて上記第1の強磁性層と第2の強磁性層の相対角度が変わって上記積層構成が磁気抵抗効果を生じる部材と、上記抵抗変化を検出するための少なくとも一対の電極を有する磁気抵抗効果素子において、上記第1の強磁性層および第2の強磁性層が強磁性酸化物もしくは高分極率を有する強磁性酸化物と強磁性金属の混合体である高分極率層と強磁性金属層との積層体からなり、第1の強磁性金属層／第1の高分極率層／非磁性中間層／第2の高分極率層／第2の強磁性金属層の構成を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項7】上記高分極層が0.5nmから5nm、好ましくは1nmから3nmの厚さであることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項8】上記非磁性中間層がCuあるいはAu、Ag、Al、Pt、Pd、Pt、Os、Re、Ru、Rhなどの導電性金属からなることを特徴とする請求項1ないし7のいずれか記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項9】上記非磁性中間層がアルミナなどの絶縁膜からなり、上記磁気抵抗効果がトンネル磁気抵抗効果であることを特徴とする請求項1ないし7のいずれか記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項10】上記強磁性層が、電子反射層、拡散制御層、もしくは結晶性改善層のいずれかの機能を有する酸化物挿入層を含み、強磁性金属層／酸化物挿入層／強磁性金属層の構成を有することを特徴とする請求項1ないし9のいずれか記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項11】上記電極が上記積層構成の積層面に平行な方向に電流を印加する構造となっていることを特徴とする請求項1ないし10のいずれか記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項12】上記電極が上記積層構成の膜厚方向に電流を印加する構造となっていることを特徴とする請求項1ないし10のいずれか記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項13】上記高分極率層が、Co、Fe、Ni、Mn、Crの酸化物あるいはこれらの混合の酸化物と、Co、Fe、Ni、Mn、Crの金属またはこれらの合金を同時蒸着などの真空薄膜形成手段で混合形成し、200℃から400℃の熱処理を行って形成することを特徴とする請求項1ないし7のいずれか記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項14】金属薄膜層を形成し、上記金属薄膜層を酸素等の反応性気体雰囲気中に暴露して酸化あるいは化合せしめて、上記高分極率層を形成したことを特徴とする請求項1ないし7のいずれか記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項15】請求項1ないし12のいずれか記載の磁気抵抗効果素子を感じ部に用いた磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気記録再生に関し、特に高記録密度の磁気記録再生装置に好適な磁気ヘッドおよびそれに用いる磁気抵抗効果素子ならびにその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】特開平9-16920には積層逆平行ピン止め層と反強磁性交換バイアス層を用いたスピバルブ磁気抵抗センサの記載がある。特開平7-169026には反強磁性的結合膜を用いたスピバルブセンサの記載がある。特開2000-156530には磁化が実質的に固定された第2の磁性層に酸化物などの第3の層を含んだ磁気抵抗効果素子の記述がある。

【0003】また、日本応用磁気学会第23回学術講演概要集6aA-5に極薄酸化層を含んだ磁化固着層を有するスピバルブ膜の記載がある。ダイジェスト オブ インターマグ (Digests of Intermag) 2000、FA-08には薄い酸化物も用いた巨大磁気抵抗効果 (GMR) 膜の記載がある。同じくFA-07には酸化物の保護膜を自由層に積層したGMR膜の記載がある。同じくBQ-12には酸化物の保護膜を自由層に積層したGMR膜の記載がある。同じくFA-09には磁性酸化層を用いたスピバルブ膜の記載があ

る。また、Digests of Intermag 1999、DB-01には酸化層を挿入した固定層を用いたスピバルブ膜の記載がある。

【0004】特開2000-340859には磁性層にスピ分極率の高い酸化物を用い、膜面に垂直に電流を流す磁気抵抗効果型ヘッドの記載がある。特開2000-150985には高分極率膜を用いたトンネル磁気抵抗効果素子の記載がある。特許第3050189号 (特開平11-135857) にはトンネルバリア層側に高分極率膜を用いた磁気抵抗効果素子の記載がある。特開平11-289115には非磁性層を介して強磁性体と半導体あるいはハーフメタルを接続したスピン偏極素子の記載がある。

【0005】アプライドフィジックスレターズ誌第73巻1008~1010項 (Appl. Phys. Lett. 73, 1008 (1998)) にはハーフメタルとしてLaSrMnO₃を用いた強磁性トンネル結合に関する記載がある。アプライドフィジックスレターズ誌第74巻4017~4019項 (Appl. Phys. Lett. 74, 4017 (1999)) には鉄酸化物とCoを用いた強磁性トンネル磁気抵抗効果の記載がある。

【0006】特開平11-97766にはハーフメタル酸化物層を用いた強磁性トンネル接合素子の記載がある。特表平8-504303にはFe₃O₄などの半金属材料を用いた磁気抵抗デバイスの記載がある。特開平6-267742にはハーフメタルから成る磁性層を用いた磁気抵抗効果素子の記載がある。特開2000-348935には酸化物薄層を含んだスピバルブセンサの記載がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来の技術では、特にその再生部に外部磁界に対して十分な感度と出力で作用する磁気抵抗効果素子を実現し、さらに十分に対称性のよい良好な特性を得ることができず、記録密度の充分に高い磁気記録装置としての機能を実現することが困難であった。

【0008】非磁性金属層を介して強磁性金属層を積層した多層膜による巨大磁気抵抗効果が知られている。この場合、磁気抵抗効果は、非磁性層で隔てられた強磁性層の磁化と磁化のなす角度によって電気抵抗が変化する。この巨大磁気抵抗効果を磁気抵抗効果素子として用いる場合には、スピバルブとよばれる構造が提唱されている。すなわち、反強磁性膜／強磁性金属層／非磁性金属層／軟磁性金属層の構造を有し、反強磁性膜／強磁性金属層界面に発生する交換結合磁界によって反強磁性膜と密着した強磁性金属層の磁化を実質的に固定し、他方の軟磁性金属層が外部磁界によって磁化回転することで出力を得ることができる。

【0009】ここで、以下の記述において、上記磁化固

定の効果を固定バイアス、この効果を生じる反強磁性膜を固定バイアス膜とよぶ。また、上記磁化が実質的に固定される強磁性金属層を固定層もしくは強磁性固定層とよぶ。同様に外部磁場によって磁化回転する軟磁性金属膜を自由層もしくは軟磁性自由層とよぶ。

【0010】上記固定層は、感知すべき磁界に対して、実質的に磁化が固定されていることがその機能であり、反強磁性膜の代わりに硬磁性膜、すなわち比較的大きな磁界が加わらない限り磁化が変化しない材料で代替することもできる。

【0011】上記のようなスピバルブ型磁気抵抗効果積層膜を用いた磁気ヘッドでは、強磁性層／非磁性層／軟磁性層の部分がその磁気抵抗効果の大きさを決定する部分である。軟磁性金属層も強磁性金属層の一種であるから、強磁性金属層／非磁性金属層の界面が上記効果の本質を担うことになる。公知の技術で強磁性金属層に酸化物を挿入したり、強磁性金属層の一部を酸化したりすることで抵抗変化率を向上できることが知られている。しかしながらこの場合にも、酸化物層の挿入位置は強磁性金属層の中間であって、強磁性金属層／非磁性金属層の界面に所定の厚さの酸化物層を配置して構成することはなかった。これは酸化物が一般に強磁性でない上に、電子を透過しないため、磁気抵抗効果の重大な阻害要因になるからである。

【0012】また、一方で高分極率材料の適用によって磁気抵抗効果を増大せしめることも提唱されているが、実際に強磁性金属層などの金属薄膜層と、高分極率を有する酸化物などの化合物層とを積層して磁気抵抗効果素子を実現することはきわめて困難であった。これは、高分極率材料がもつばら酸化物などの化合物からなるために、金属層と積層すると金属層と反応し、あるいは化合物成分が金属層に拡散して非化学量論組成となつて、特性を悪化させるためである。

【0013】さらに、通常の成膜工程で作製するとアモルファスや微結晶、もしくは異なる結晶構造が形成されるという問題がある。例えばハーフメタル材料として知られるマグネタイト Fe_3O_4 の場合、マグネタイトのターゲットを用いて室温にてスパッタリング法により作製した薄膜は、バルクのマグネタイトの磁化の物性である0.6テスラの $1/3$ から半分程度しか示さない。良好な結晶性のマグネタイト薄膜を得るには基板温度を500℃程度に上げる必要があるが、そのような高い基板温度での成膜は他の金属層の連続形成を困難にし、また極薄い金属層の平坦な形成を妨げるだけでなく、高分極率層と他の金属層、例えば CoFe 層との反応をきわめて促進し、やはり良好な高分極率層の形成を妨げてしまうことから、高分極率層と金属層を積層した磁気抵抗効果膜の積層は、実用上非常に困難であった。

【0014】本発明の目的は高密度記録に対応した長期信頼性の高い磁気記録装置もしくは磁気抵抗効果素子を

用いた磁気ヘッドを提供することにある。より具体的には、高分極率を有する酸化物などの強磁性化合物層を非磁性中間層との界面に有する抵抗変化率の高いスピバルブ型磁気抵抗効果素子を提供し、これを磁気ヘッドに用いた磁気記録再生装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明では高記録密度に対応した巨大磁気抵抗効果を用いた磁気抵抗効果素子を磁気ヘッドに搭載した磁気記録装置を提供するために、上記磁気抵抗効果素子として用いるスピバルブ型の巨大磁気抵抗効果積層膜、すなわち軟磁性自由層／非磁性中間層／強磁性固定層／反強磁性膜の積層構造を有する磁気抵抗効果素子を用いる。

【0016】ここで反強磁性膜は強磁性固定層の磁化を実質的に固定するための交換結合バイアスを印加するものであって、直接強磁性固定層に密着して形成するか、あるいは間接的に磁氣的結合を経て効果をもたらしてもよい。あるいは反強磁性膜の代わりに他のバイアス印加手段、例えば硬磁性膜の残留磁化を用いたり、電流バイアスを用いてもよい。

【0017】本発明では課題を解決して高記録密度に対応した磁気抵抗効果素子、磁気ヘッドを搭載した磁気記録再生装置を得るために、上記強磁性固定層の少なくとも非磁性中間層との界面に高分極率層を配置する。または軟磁性自由層の少なくとも非磁性中間層との界面に高分極率層を配置する。強磁性固定層と軟磁性自由層の双方の非磁性中間層側の界面に高分極率層を配置してもよい。軟磁気特性や磁歪の適正化の観点から、強磁性固定層に用いるのが容易である。第1の強磁性層／非磁性挿入層／第2の強磁性層の積層体として形成した構成を採用する。

【0018】高分極率層は、非磁性中間層に接する界面に配置されるが、ハーフメタルなどの強磁性化合物もしくは強磁性化合物と金属の混合体であって、特に、 Fe-O 層で形成するとよい。 Fe-O 層はスパッタリングなどの手段で室温もしくは200℃以下の基板温度で他の金属層と連続積層して形成し、その後熱処理を行って Fe-O 層中に Fe_3O_4 または Fe_3O_4-x を析出させて形成する。ここで Fe-O 層とは、酸素原子を固溶した Fe 、あるいはマグネタイトなどの強磁性鉄酸化物、マグネタイトなどの強磁性鉄酸化物と Fe の混合物、または Fe_3O_4-x (x は0から3、望ましくは2から3)であって、特にマグネタイト Fe_3O_4 の化学量論組成よりも酸素が欠乏した組成に形成するとよい。

【0019】 Fe-O 層は、成膜時にはアモルファスあるいは微結晶状態で、もつばら Fe 中に酸素が固溶したような結晶構造となっているが、200℃から400℃程度の適切な熱処理を行うことで Fe-O 二元系の平衡状態に近い組成、すなわち $\text{Fe-Fe}_3\text{O}_4$ 二相に近づ

10

20

30

40

50

く方向に結晶の析出現象を生じて磁気抵抗変化率を発生せしめるための高分極率を有する相を層中に形成することができる。このような作製手段と構成によって、結晶性の良好な高分極率層、特にマグネタイト含有層を形成し、かつ強磁性固定層と軟磁性自由層の間の強磁性的な結合磁界、いわゆる層間結合磁界を低減することができる。

【0020】また、高分極率層は上記組成のFeの一部Ni、Co、Mn、Cr、Mnなどで置き換えた、いわゆるフェライト組成を主成分としてもよい。高分極率層は強磁性を示し、強磁性固定層または軟磁性自由層を高分極率層単体で構成してもよいが、高分極率層と金属強磁性体などと積層して、例えば強磁性固定層としては高分極率層/CoFe層/Ru層/CoFe層/反強磁性層のような構成とすることで、高い抵抗変化率と高い交換結合磁界および適切な波形対称性を実現することができる。また、軟磁性自由層としては、高分極率層/CoFe層/NiFe層とすることで、高い抵抗変化率と軟磁気特性を実現することができる。

【0021】上記高分極層の厚さは、0.5nm以上とすることで抵抗変化率を向上することができ、また5nm以下とすると軟磁気特性を良好とすることができ、かつ層間結合磁界を低減する効果が得られる。特に1nmから3nmの厚さとする、高い抵抗変化率と層間結合磁界の低減を両立できるので好ましい。

【0022】非磁性中間層としてはCuが望ましいが、Au、Ag、Al、Pt、Pd、Pt、Os、Re、Ru、Rhなどの導電性金属を適宜用いるか、合金化してもよい。

【0023】積層構成からなる磁気抵抗効果素子には、電流を印加して出力を感知する少なくとも一对の電極を配置する。上記電流は、積層構成の層構造に平行に電流を流して界面散乱による巨大磁気抵抗効果を感じず、あるいは上記電流は積層構成の層構造に垂直に電流を流して、高分極率層の分極した電子が界面を透過して磁気抵抗を生じるようにして磁気抵抗効果を感じずる。

【0024】磁気抵抗効果素子は軟磁性自由層を単磁区化してノイズの発生を防止するための単磁区化構成を有するとよい。例えば磁気抵抗効果素子の膜面方向でかつ感知すべき磁界の方向に垂直な両端部に残留磁化を有する硬磁性膜などを配置する。あるいは磁気抵抗効果素子の膜厚方向に隣接して配置した残留磁化を有する硬磁性膜などを配置して、磁気抵抗効果素子の積層構成と硬磁性膜を同一形状の端部を有するようにして端部の静磁気結合により単磁区化を実現してもよい。

【0025】本発明ではこのような材料、構成を用いた磁気抵抗効果素子と、これを再生部とした磁気記録再生装置において、高記録密度、すなわち記録媒体上に記録される記録波長が短く、かつ記録トラックの幅が狭い記録を実現し、十分な再生出力を得、記録を良好に保つこ

とができる。

【0026】

【発明の実施の形態】（実施例1）本発明の巨大磁気抵抗積層膜を構成する薄膜は高周波マグネトロンスパッタリング装置により以下のように作製した。アルゴン1から6ミリトールの雰囲気中にて、厚さ1ミリのセラミックス基板に以下の材料を順次積層して作製した。スパッタリングターゲットとしてタンタル、ニッケル-20at%鉄合金、銅、コバルト、MnPt、ルテニウム、Fe、O₄（マグネタイト）の各ターゲットを用いた。Cターゲット上には、FeおよびNiの1センチ角のチップを適宜配置して組成を調整した。同様にマグネタイトターゲット上にはFeなどの1センチ角のチップを適宜配置して組成を調整した。

【0027】以下、Fe-O層の設定組成はマグネタイトFe₃O₄にFeを加えた量で表記し、例えばFe-O層においてFe10at%の表記はFe₃O₄90at%-Fe10at%を意味するものとする。

【0028】積層膜は、各ターゲットを配置したカソードに各々高周波電力を印加して装置内にプラズマを発生させておき、各カソードごとに配置されたシャッターを一つずつ開閉して順次各層を形成した。膜形成時には永久磁石を用いて基板に平行におよそ80エルステッドの磁界を印加し、一軸異方性をもたせた。形成した膜を、真空中、磁場中で270℃、3時間の熱処理を行って反強磁性膜を相変態させるとともにFe-O層中に高分極率化合物相を析出させ、室温での磁気抵抗を測定して評価した。基体上の素子の形成はフォトリソ工程によってパターンニングした。その後、基体はスライダ加工し、磁気記録装置に搭載した。

【0029】図1は本発明の磁気抵抗効果素子に用いる磁気抵抗効果積層膜の構成例である。図中の表記において、例えば、「Ta3」は、積層構成の例としての構成材料と、その厚さをnmで示したものである。

【0030】すなわち図1の実施例において磁気抵抗効果積層膜10は、基体50上に下地膜14、反強磁性膜11、強磁性固定層15、非磁性中間層12、軟磁性自由層13、保護膜37を連続して形成してなる。上記積層構成は、巨大磁気抵抗効果もしくはトンネル磁気抵抗効果として、強磁性固定層15の磁化の方向と、軟磁性自由層13の磁化の方向の互いのなす角度に応じて電気抵抗が変化する。

【0031】上記磁気抵抗効果積層膜10において、下地膜14は、磁気抵抗効果積層膜10の、下地膜14上の部分の結晶性を向上させ、また結晶配向性を高める効果がある。下地膜14はここではTa/NiFeの構成を有するが、他の構成であってもよい。また下地膜14を省略した構成としても本発明の主旨に反するものではない。

【0032】図1の構成例で最も重要な主旨は、軟磁性

自由層13の構成にある。図1では軟磁性自由層13を高分極率層16、第1の軟磁性膜131および第2の軟磁性膜132の積層体として示した。これは、例えば図中に示したように、非磁性中間層12に接する高分極率層16によって高い抵抗変化率を得、高分極率層16に接する側にある第1の軟磁性膜を比較的薄いCo合金、例えばCo₉₀Fe₁₀合金やCo₉₀Fe₅Ni₅合金などから形成して高分極率層16と第2の軟磁性膜132の拡散、混合を抑制し、非磁性中間層12の側にある第2の軟磁性膜を比較的厚いNiFe合金などから形成して、より軟磁気特性のよい、抵抗変化率の高い積層膜を実現するために適用する。

【0033】上記積層体は磁氣的に結合するように形成され、同一の方向をむいた磁化状態を取って磁氣的に一体として扱える。上記のような磁化状態を実現するには、軟磁性自由層13を形成する高分極率層16、第1の軟磁性膜132と、第2の軟磁性膜131を、何らかの層がある場合にはその層の厚さを適当な値、特に1nm以下に薄く形成するなどの方法がある。また、本図の例と異なって第2の軟磁性膜を用いずに軟磁性自由層13を高分極率層16/第1の軟磁性膜131の積層体から構成したり、逆に第1の強磁性膜、第2の強磁性膜に加えて第3、あるいはそれ以上の層の積層体から形成しても何ら本発明の趣旨に反するものではない。軟磁性自由層13の磁化の方向は、感知すべき磁界がゼロの状態

で、略トラック幅の方向になるよう磁気異方性の大きさなどを設定する。高分極率層16は高分極率をもつハーフメタルなどの化合物、例えばFe₃O₄から構成するとよいが、特にFe₃O₄よりもFeリッチ、もしくは酸素欠損とした組成のFe-O膜とするとよく、さらにFeをMn、Cr、Ni、Coなどで一部置換してもよい。さらに高分極率層16はその厚さを10nm以下、特に0.5nmから3nmとすると磁気特性に優れ、非磁性中間層12を介して軟磁性自由層13と強磁性固定層15の間の層間結合を低減し、高い抵抗変化率を示す。

【0034】強磁性固定層15は非磁性中間層12に接する側の第1の強磁性膜151と、反強磁性膜11に代表される固定バイアス印加手段と接する側の第2の強磁性膜152、および第1および第2の強磁性膜の膜間に挿入して成る反平行結合層154から形成し、さらに反平行結合層154を介して第1の強磁性膜151と第2の強磁性膜152が反強磁性的に、すなわち反平行の方向の磁化を持つように結合させている。上記構成は強磁性固定層のパターニングした端部から出る静磁界の量を調整し、磁気ヘッドとしては再生波形対称性を良好にする効果がある。したがって上記強磁性固定層の反平行結合層を含む構成は磁気ヘッドへの適用に効果的であって、他の構成および用途に用いる場合は反平行結合層を

含まない構成であっても本発明の主旨に反するものではない。

(実施例2) 同様に、図2は本発明の磁気抵抗効果素子に用いる磁気抵抗効果積層膜の別の構成例である。図中の表記は図1に準ずる。磁気抵抗効果積層膜10は、基体50上に下地膜14、反強磁性膜11、強磁性固定層15、非磁性中間層12、軟磁性自由層13、保護膜37を連続して形成してなる。上記積層構成は、巨大磁気抵抗効果もしくはトンネル磁気抵抗効果として、強磁性固定層15の磁化の方向と、軟磁性自由層13の磁化の方向の互いのなす角度に応じて電気抵抗が変化する。下地膜14、軟磁性自由層13等の構成と効果については図1と同様であるので説明を省略する。下地膜14、軟磁性自由層13等の構成が本図と若干異なっているも本発明の主旨に反するものではない。

【0035】本発明のこの構成例で最も重要な主旨は、強磁性固定層15の構成に酸化物挿入層155を含む点にある。図中に示したように、強磁性固定層15を、非磁性中間層12に接する第3の強磁性膜、反強磁性膜11に代表される固定バイアス印加手段と接する側の第2の強磁性膜152、第2の強磁性膜と反平行結合膜154を介して反強磁性的に結合した第1の強磁性膜151、および第1の強磁性膜151と第3の強磁性膜との間に挿入されて第3の強磁性膜の結晶性を高めて抵抗変化率を増大させる効果を有する酸化物挿入層155から構成する。

【0036】上記強磁性固定層の反平行結合層を含む構成は磁気ヘッドへの適用に効果的であって、他の構成および用途に用いる場合は反平行結合層を含まない構成であっても本発明の主旨に反するものではない。

【0037】酸化物挿入層155は、厚さを1nm程度以下に保って、第3の強磁性膜153と第1の強磁性膜151の間を酸化物挿入層155を介して強磁性的に結合させ、第3の強磁性膜153と第1の強磁性膜151を一体の磁性膜として機能せしめる。上記酸化物挿入層155を含む構成を、高分極率層16を非磁性中間層12との界面に有する軟磁性自由層13と組み合わせることによって、結晶性の改善と、高い分極率の効果を有効に用いて、高い抵抗変化率を得ることができる。

(実施例3) 図3は本発明の磁気抵抗効果素子に用いる磁気抵抗効果積層膜のさらに別の構成例である。図中の表記は図1に準ずる。磁気抵抗効果積層膜10は、基体50上に下地膜14、反強磁性膜11、強磁性固定層15、非磁性中間層12、軟磁性自由層13、保護膜37を連続して形成してなる。

【0038】上記積層構成は、巨大磁気抵抗効果もしくはトンネル磁気抵抗効果として、強磁性固定層15の磁化の方向と、軟磁性自由層13の磁化の方向の互いのなす角度に応じて電気抵抗が変化する。下地膜14等の構成と効果については図1と同様であるので説明を省略す

る。下地膜14等の構成が本図と若干異なっているとしても本発明の主旨に反するものではない。

【0039】本発明のこの構成例で最も重要な主旨は、軟磁性自由層13および強磁性固定層15の構成にそれぞれ高分極率層162および161を含む点にある。図中に示したように、強磁性固定層15を、非磁性中間層12に接する第3の強磁性膜、反強磁性膜11に代表される固定バイアス印加手段と接する側の第2の強磁性膜152、第2の強磁性膜と反平行結合膜154を介して反強磁性的に結合した第1の強磁性膜151、および非磁性中間層12と界面で接する高分極率層161から構成する。上記強磁性固定層の反平行結合層を含む構成は、磁気ヘッドへの適用に効果的であって、他の構成および用途に用いる場合は反平行結合層を含まない構成であっても本発明の主旨に反するものではない。

【0040】上記の積層構成からなる軟磁性自由層13は、一体の磁性膜として磁化過程を実現するよう強磁性的に結合する連続積層構成である。同様に軟磁性自由層13を非磁性中間層12と界面で接する高分極率層162、第1の軟磁性膜131および第2の軟磁性膜132の積層体から構成する。第2の軟磁性膜132を用いずに省略してもよい。二つの高分極率層161および162は非磁性中間層12を介して隣接し、磁気抵抗効果を発生せしめる。高分極率層161および162は1から2nm程度に薄く形成すると特に層間結合磁界を低減する効果がある。

(実施例4) 図4は本発明の磁気抵抗効果素子に用いる磁気抵抗効果積層膜のさらに別の構成例である。図中の表記は図1に準ずる。磁気抵抗効果積層膜10は、基体50上に下地膜14、軟磁性自由層13、非磁性中間層12、強磁性固定層15、反強磁性膜11、保護膜37を連続して形成している。上記積層構成は、巨大磁気抵抗効果もしくはトンネル磁気抵抗効果として、強磁性固定層15の磁化の方向と、軟磁性自由層13の磁化の方向の互いのなす角度に応じて電気抵抗が変化する。下地膜14等の構成と効果については図1と同様であるので説明を省略する。下地膜14等の構成が本図と若干異なっているとしても本発明の主旨に反するものではない。

【0041】本発明のこの構成例で重要な主旨は、強磁性固定層15の構成に高分極率層16を含む点にある。図中に示したように、強磁性固定層15を、非磁性中間層12に接する高分極率層16、反強磁性膜11に代表される固定バイアス印加手段と接する側の第2の強磁性膜152、上記第2の強磁性膜152と反平行結合膜154を介して反強磁性的に結合した第1の強磁性膜151から構成する。上記強磁性固定層15に反平行結合層154を含む構成は、磁気ヘッドへの適用に効果的であって、他の構成および用途に用いる場合は反平行結合層154を含まない構成であっても本発明の主旨に反するものではない。

【0042】上記の積層構成からなる軟磁性自由層13は一体の磁性膜として磁化過程を実現するよう、強磁性的に結合する連続積層構成である。軟磁性自由層13と下地膜14との間に磁歪、磁気特性および結晶性を改善するための挿入層を含んでもよい。高分極率層16は非磁性中間層12を介して軟磁性自由層13、特に第1の軟磁性膜131と隣接し、磁気抵抗効果を発生せしめる。この高分極率層16は、1から2nm程度に薄く形成すると特に層間結合磁界を低減する効果がある。

(実施例5) 図5は本発明の磁気抵抗効果積層膜を用いた磁気抵抗効果型磁気ヘッドの構成例を、磁気媒体との対向面から見た断面で示している。紙面で左右方向が磁気ヘッドにおけるトラック幅方向、紙面奥行きが素子高さ方向である。

【0043】本実施例の磁気ヘッドは、基体50上に下部磁気シールド35、下部ギャップ膜71を形成し、その上に、磁気抵抗効果積層膜10および磁区制御膜45が形成されてなり、さらに上部ギャップ膜72、上部磁気シールド36を形成して、再生信号を検出する再生ギャップ43を形成している。電極40は磁気抵抗効果積層膜10に接触して配置され、感知電流の印加および電気抵抗の変化の検出を行う。磁区制御膜45は、硬磁性膜あるいは反強磁性膜と交換結合して残留磁化を有する磁性膜などから形成して磁気抵抗効果積層膜10にわずかに乖離して積層配置し、磁気抵抗効果積層膜10に単磁区化のためのバイアス効果を及ぼす機能を有する。

【0044】上記において、磁気抵抗効果積層膜10は前記実施例1から実施例4までの構成例と同様でよいが、磁区制御膜45を積層配置する積層面側に軟磁性自由層が配置される構成とすることが望ましい。再生磁気ギャップ43は磁気抵抗効果積層膜10をおよそギャップの中央部に保持し、磁気的信号が再生磁気ギャップ43に漏入する部分の高分解能な再生を可能にする。

(実施例6) 図6は本発明の磁気抵抗効果積層膜を用いた磁気抵抗効果型磁気ヘッドの別の構成例を、磁気媒体との対向面から見た断面で示している。図5と同様に、紙面で左右方向が磁気ヘッドにおけるトラック幅方向、紙面奥行きが素子高さ方向である。

【0045】本実施例の磁気ヘッドは、基体50上に下部磁気シールド35、下部導電ギャップ膜73を形成し、その上に磁気抵抗効果積層膜10および磁区制御膜45が形成され、さらに上部導電ギャップ膜74、上部磁気シールド36を形成して、再生信号を検出する再生ギャップ43が形成されている。電極40は磁気抵抗効果積層膜10および磁区制御膜45に接触して配置され、感知電流を磁気抵抗効果積層膜10の膜厚方向に印加し、その電気抵抗の変化を検出する。

【0046】ここで、磁区制御膜45は、硬磁性膜あるいは反強磁性膜と交換結合して残留磁化を有する磁性膜などから形成して、磁気抵抗効果積層膜10にわずかに

乖離して積層配置し、磁気抵抗効果積層膜10に単磁区化のためのバイアス効果を及ぼす機能を有する。

【0047】磁気抵抗効果積層膜10は、実施例1から実施例4までの構成例と同様でよいが、磁区制御膜45を積層配置する積層面側に軟磁性自由層が配置される構成とすることが望ましい。図中、反強磁性膜11を磁気抵抗効果積層膜10の他の部分と同じ幅で構成した例を記載してあるが、反強磁性膜11を別のサイズに構成して電流が反強磁性膜11を迂回して流れたりする構成としてもよい。再生磁気ギャップ43は磁気抵抗効果積層膜10を、およそギャップの中央部に保持し、磁気的信号が再生磁気ギャップ43に漏入する部分の高分解能な再生を可能にする。

(実施例7) 図7は本発明の磁気抵抗効果積層膜を用いた磁気抵抗効果型磁気ヘッドのさらに別の構成例を、磁気媒体との対向面から見た断面で示している。図5と同様に、紙面で左右方向が磁気ヘッドにおけるトラック幅方向、紙面奥行きが素子高さ方向である。

【0048】本実施例の磁気ヘッドは、基体50上に下部磁気シールド35、下部導電ギャップ膜73を形成し、その上に、磁気抵抗効果積層膜10が形成され、さらに上部導電ギャップ膜74、上部磁気シールド36を形成して、再生信号を検出する再生ギャップ43が形成されている。電極40は、磁気抵抗効果積層膜10に接触して配置し、感知電流の印加と電気抵抗の変化の検出を行う。磁区制御膜45は、硬磁性膜あるいは反強磁性膜と交換結合して残留磁化を有する磁性膜などから形成して、トラック幅方向にバターニングされた磁気抵抗効果積層膜10の左右に端部がおおよそ接するように配置し、磁気抵抗効果積層膜10に単磁区化のためのバイアス効果を及ぼす機能を有する。再生磁気ギャップ43は磁気抵抗効果積層膜10をおおよそギャップの中央部に保持し、磁気的信号が再生磁気ギャップ43に漏入する部分の高分解能な再生を可能にしている。

【0049】図8はFe-O膜の組成と飽和磁束密度の関係を示した図である。Fe-O層は測定のため0.3 μ m程度の単層膜として形成した。マグネタイトFe₃O₄ターゲットを用いてスパッタ法で作製したFeを添加しないFe-O膜の飽和磁束密度は成膜時に0.2テスラ、270℃、3時間の熱処理後でも0.3テスラ以下で、バルクのマグネタイトFe₃O₄の飽和磁化、0.6テスラの半分以下である。これに対して、Feを30at%程度加えたFe-O膜では熱処理前で0.5テスラ、熱処理後では0.7テスラ以上となった。この時の磁化はFeの磁化の可能性がある。

【0050】図9にFe31at%を添加したFe-O膜の成膜後(a)および熱処理後(b)のX線回折曲線を示す。結果は、熱処理前後で構造が異なることを示している。成膜後(熱処理前)では通常のFe(110)より面間隔の広いブロードなピークが観察され、Fe-

O膜は酸素を固溶させたFeに近い構造であることがわかる。したがって磁化の多くはFe₃O₄相というよりも金属Feの寄与であることが推測される。一方、熱処理後では面間隔が狭い側にシフトしたFe(110)に近いピークと、Fe₃O₄(220)(311)に対応するピークが明瞭に観察される。このことから、Fe-O膜の熱処理によってFe₃O₄が析出し、Feもしくは酸素を固溶したFeとFe₃O₄の混合膜になっていることがわかる。

【0051】図10にFe31at%を添加したFe-O膜の成膜後(a)および熱処理後(b)の磁化曲線を示す。成膜後の磁化曲線は保磁力が低く、垂直磁化的なループとなっており、非磁性母相中に強磁性のFeもしくはFe-O粒子が分散しているためと考えられる。これに対し、熱処理後の磁化曲線は500Oe程度の保磁力を示しており、熱処理によって析出したマグネタイトFe₃O₄の結晶磁気異方性を反映していると考えられる。

【0052】これらのFe-O膜の電気抵抗は膜厚依存性があるが、ここで示した約0.3 μ mの膜では成膜後1224 $\mu\Omega$ cm、熱処理後566 $\mu\Omega$ cmであった。

【0053】図11はFe31at%を添加したFe-O層を軟磁性自由層に用いた場合および強磁性固定層に用いた場合のスピバルブ膜の磁化曲線および磁気抵抗曲線である。Fe-O層の厚さはそれぞれ20nmおよび10nmである。磁気抵抗曲線の測定はスピバルブ膜に面内に電流を通じる、いわゆるCIP測定で行った。

【0054】Fe-O層を軟磁性自由層に用いた場合、磁化曲線はCu非磁性中間層が10nmと厚いにもかかわらず、強磁性固定層の磁化曲線と軟磁性自由層の磁化曲線が明確には分離していないことがわかる。これは強磁性固定層と軟磁性自由層の間の層間結合が大きいためである。ただし、磁化曲線の磁化量からは軟磁性自由層に用いたFe-O層が十分に強磁性であることがわかる。したがって磁気抵抗曲線は1%以下の低い抵抗変化率を示している。

【0055】同様にFe-O層を強磁性固定層に用いた場合も、磁化曲線はCu非磁性中間層が10nmと厚いにもかかわらず、強磁性固定層の磁化曲線と軟磁性自由層の磁化曲線が明確には分離していない。このため磁気抵抗曲線は1%以下の低い抵抗変化率を示している。ただし、磁化曲線の磁化量からは強磁性固定層に用いたFe-O層が十分に強磁性であることがわかり、また、強磁性固定層をFe-O層/CoFe層の積層としてMnPt反強磁性膜と接した構成としたことで交換結合が得られていることがわかる。

【0056】図12にFe-O層の厚さとスピバルブ膜の磁化量、シート抵抗、および抵抗変化率を示す。図11と同様にFe-O層を軟磁性自由層および強磁性固

10

20

30

40

50

定層に用いている。磁化量については比較のため Fe-O 単層膜の厚さと磁化量の関係も示した。

【0057】Fe-O 単層膜の磁化量はおよそ 0.8 テスラに対応する直線に沿って低下しているが、厚さが 10 nm 以下になると磁化量がほぼゼロになってしまうことがわかる。これに対してスピナル膜に Fe-O 層を用いた場合には強磁性固定層、軟磁性自由層いずれの場合でも、およそ 1 テスラの直線に乗っており、強磁性固定層の場合では 1 nm まで、軟磁性自由層の場合でも 1 nm まで直線的であることがわかる。すなわち、Fe-O 単層膜とは異なり、スピナル膜中の Fe-O 層は 1 から 2 nm 程度に薄い層としてもおよそ 1 テスラの高い磁化を保っていることがわかる。これはスピナル膜の下地効果および CoFe、Cu などの金属膜上に Fe-O 層を形成したことにより、結晶性が改善されているためと考えられる。

【0058】シート抵抗は Fe-O 層の厚さにあまり依存していない。これは Fe-O 層が他の金属層に比べて電気抵抗が高いためである。抵抗変化率は強磁性固定層と軟磁性自由層との場合で厚さ依存性が異なっている。Fe-O 層を軟磁性自由層に用いた場合、Fe-O 層が 2 nm より薄いと低下する。これは Fe-O 層を軟磁性自由層に用いた場合に磁化量が 1 nm では直線から外れており、磁化が低減していることに対応していると考えられる。しかしながら Fe-O 層が 2~20 nm では、Fe-O 層が薄いほど抵抗変化率が増加している。これは層間結合磁界が、Fe-O 層が薄いほど小さいことに対応している。一方、Fe-O 層を強磁性固定層に用いた場合では、Fe-O 層が 10 nm より薄いとむしろ抵抗変化率が低下している。これは Cu 層が Fe-O 層上に形成されることから、十分厚い Fe-O 層上では Cu 層が下地効果を受けるためと考えられる。さらに 3 nm より薄い領域では、再び抵抗変化率が向上し、Fe-O 層が 1 nm で高い抵抗変化率が得られている。これは、Fe-O 層が薄いと、層間結合磁界が低減していることに対応している。また、強磁性固定層中の Fe-O 層の磁化量が 1 nm でも良好であることに対応している。

【0059】これらの結果で、強磁性固定層では軟磁性自由層よりもさらに薄く 1 nm でも良好な特性を示している。これは強磁性固定層、軟磁性自由層という問題というよりも、Fe-O 層が強磁性金属 CoFe 層と接した構成の方が、より薄い Fe-O 層の特性を向上しているものと考えられる。

【0060】図 13 は Fe-O 層の Fe 添加量、Cu 非磁性中間層の厚さとスピナル膜の特性を示した図である。抵抗変化率は Cu 層が薄いほど増加するが、Cu 層が薄くなり層間結合磁界が大きくなると低下する。Cu 層が 10 nm ではどの組成でもほぼ同じ抵抗変化率を示すが、Fe 添加量 20 at % では Cu 7 nm で抵抗変化率が低下し始め、以下、Fe 添加量が増加するほど厚

い Cu 層で抵抗変化率が低下していることがわかる。抵抗変化率が最も高くなるのは Fe 添加量が 40 at % で、Fe 添加量 30~55 at % で高い抵抗変化率が得られることがわかった。この組成はすなわち、Fe-Fe-O 層の Fe 添加量を 20 から 55 % まで増加させると、20、30、40 at % と抵抗変化率が向上していることがわかる。一方で、シート抵抗は Fe 組成に依らず、Cu 層の厚さで変化するのみであった。

【0061】図 14 は Fe-O 層を用いたさまざまな構成のスピナル膜の Cu 層の厚さと抵抗変化率およびシート抵抗の関係を示した図である。タイプ A、B、C は軟磁性自由層に Fe-O 層のみを用いた構成、タイプ D、E は軟磁性自由層に Fe-O 層 / CoFe 層の積層体を用いた構成である。また、タイプ B、C、E は強磁性固定層に酸化物挿入層を形成した構成である。タイプ B とタイプ C の違いは Fe-O 層の厚さが 3 nm と 2 nm で異なる点である。

【0062】タイプ A の構成では Cu 層が 7 nm より薄くなっても抵抗変化率は増加しないが、タイプ B は Cu 層の厚さが 3~5 nm であっても抵抗変化率の低下がない。さらにタイプ C~E では Cu 層の厚さが 3 もしくは 2 nm まで抵抗変化率が増加し、5 から 7 % の高い抵抗変化率が得られている。このように、Fe-O 層の厚さを低減し、また、1 nm 程度まで薄くした Fe-O 層を CoFe 層などとの積層体として機能させること、さらには固定層に酸化物層を挿入することで、高い抵抗変化率を得ることができる。

【0063】また、シート抵抗については、固定層や Fe-O 層と CoFe 層の組み合わせによらず Cu 層が薄いほど高い抵抗を示していることがわかる。

【0064】図 15 は本発明の磁気抵抗効果素子を搭載した磁気ヘッドの概念図である。基体 50 上に磁気抵抗効果積層膜 10、磁区制御膜 (図示せず)、電極 40、下部シールド 35、上部シールド 36、下部磁気コア 84、コイル 42、上部コア 83 を形成している。本図では上部磁気シールド 36 と下部磁気コア 84 を備えた構造になっているが、上部磁気シールドと下部磁気コアとを同一部材で兼用した構造としても本発明の主旨を損なうものではない。

【0065】図 16 は本発明の磁気記録再生装置の構成例である。磁気的に情報を記録する記録媒体 91 を保持するディスク 95 をスピンドルモーター 93 にて回転させ、アクチュエーター 92 によって、図 15 に示す磁気ヘッドが取り付けられたヘッドスライダー 90 をディスク 95 のトラック上に誘導する。すなわち磁気ディスク装置においてはヘッドスライダー 90 上に形成した再生ヘッド、および記録ヘッドがこの機構に依ってディスク 95 上の所定の記録位置に近接して相対運動し、信号の書き込みあるいは読み取りがなされる。アクチュエーター 92 はロータリーアクチュエーターであることが望ま

しい。

【0066】記録信号は信号処理系94を通じて記録ヘッドにて媒体上に記録され、再生ヘッドの出力は、信号処理系94を経て再生信号としされる。さらに、再生ヘッドを所望の記録トラック上へ移動せしめるに際して、本再生ヘッドからの高感度な出力を用いてトラック上の位置を検出し、アクチュエーターを制御してヘッドスライダーの位置決めを行うことができる。本図ではヘッドスライダー90、ディスク95を各1個示したが、これらは複数であっても構わない。またディスク95は両面に記録媒体91を有して情報を記録してもよい。情報の記録がディスク両面の場合ヘッドスライダー90はディスクの両面に配置する。

【0067】上述したような構成について、本発明の磁気ヘッドおよびこれを搭載した磁気記録再生装置を試験した結果、充分な出力と、良好なバイアス特性を示し、また動作の信頼性も良好であった。

【0068】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば良好なバイアス特性と、出力の高い磁気抵抗効果素子と、これを用いた磁気ヘッドが得られ、特に高い記録密度において良好な再生出力とバイアス特性を有する磁気ヘッドおよび高密度磁気記録再生装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の磁気抵抗効果積層膜の積層構成を示す断面図。

【図2】本発明の一実施例の磁気抵抗効果積層膜の積層構成を示す断面図。

【図3】本発明の一実施例の磁気抵抗効果積層膜の積層構成を示す断面図。

【図4】本発明の一実施例の磁気抵抗効果積層膜の積層構成を示す断面図。

【図5】本発明の一実施例の磁気抵抗効果型磁気ヘッドの要部断面図。

【図6】本発明の一実施例の磁気抵抗効果型磁気ヘッドの要部断面図。

【図7】本発明の一実施例の磁気抵抗効果型磁気ヘッド

の要部断面図。

【図8】Fe-O膜の組成と飽和磁束密度の関係を示した特性図。

【図9】Fe31at%を添加したFe-O膜の成膜後および熱処理後のX線回折スペクトル。

【図10】Fe31at%を添加したFe-O膜の成膜後および熱処理後の磁化曲線を示す特性図。

【図11】Fe31at%を添加したFe-O層を用いたスピバルブ膜の磁化曲線および磁気抵抗曲線を示す特性図。

【図12】Fe-O層の厚さとスピバルブ膜の磁化量、シート抵抗、および抵抗変化率を示す特性図。

【図13】Cu非磁性中間層の厚さとスピバルブ膜の抵抗変化率およびシート抵抗の関係を示す特性図。

【図14】Fe-O層を用いたさまざまな構成のスピバルブ膜のCu層の厚さと抵抗変化率およびシート抵抗の関係を示す特性図。

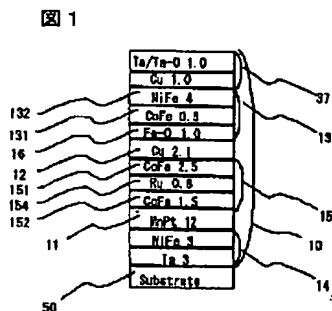
【図15】本発明の磁気抵抗効果素子を搭載した磁気ヘッドの概念図。

【図16】本発明の磁気記録再生装置の構成例を示すブロック図。

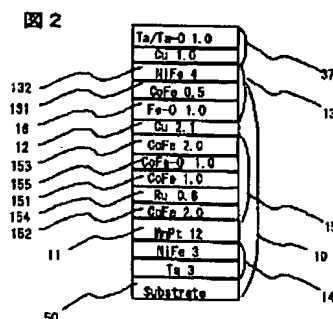
【符号の説明】

10…磁気抵抗効果積層膜、11…反強磁性膜、12…非磁性中間層、13…軟磁性自由層、131…第1の軟磁性膜、132…第2の軟磁性膜、14…下地膜、15…強磁性固定層、151…第1の強磁性膜、152…第2の強磁性膜、153…第3の強磁性膜、154…反平行結合層、155…酸化物挿入層、16、161、162…高分極率層、17…磁歪制御下地膜、30…保護膜、35…下部磁気シールド、36…上部シールド、37…保護膜、40…電極、42…コイル、43…再生ギャップ、44…記録トラック、45…磁区制御膜、50…基体、63…対向面、71…下部ギャップ膜、72…上部ギャップ膜、73…ギャップ膜、83…上部磁気コア、84…下部磁気コア、90…ヘッドスライダー、91…記録媒体、92…アクチュエーター、93…スピンドル、94…信号処理系、95…磁気ディスク。

【図1】

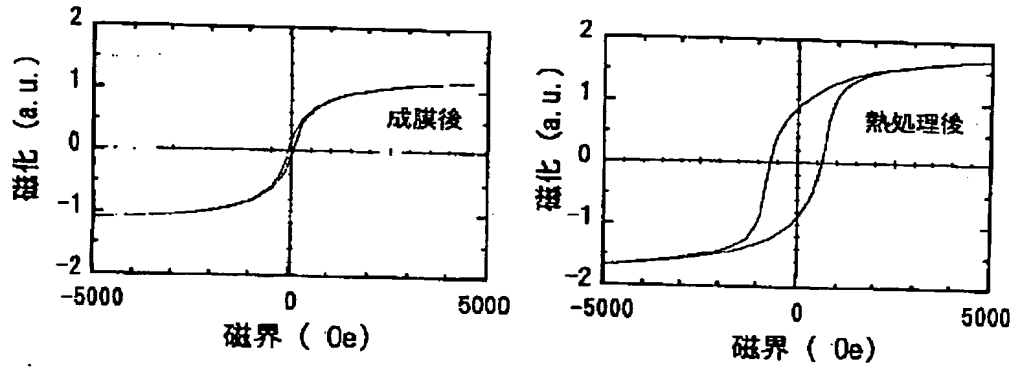


【図2】



【図10】

図10



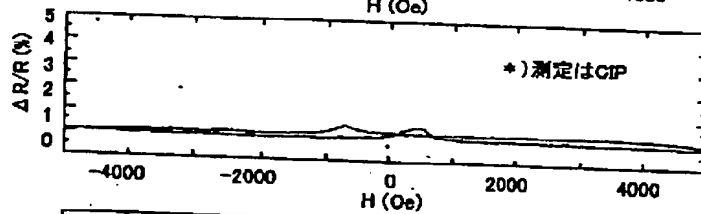
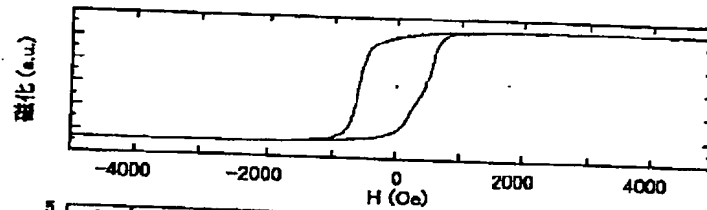
【図11】

図11

Fe-O自由層

Ta 1
Fe-O 20
Cu 10
CoFe3
MnPt 15
NiFe 3
Ta 3
Substrate

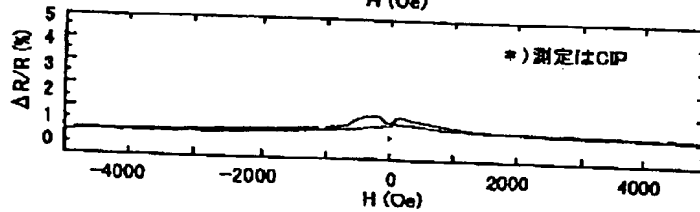
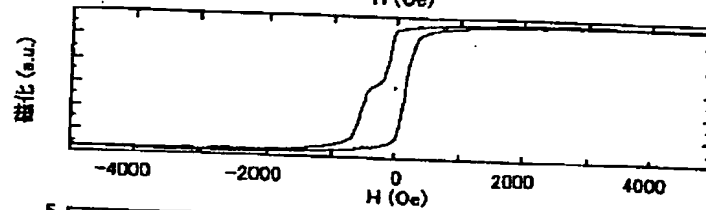
270°C、3h熱処理



Fe-O固定層

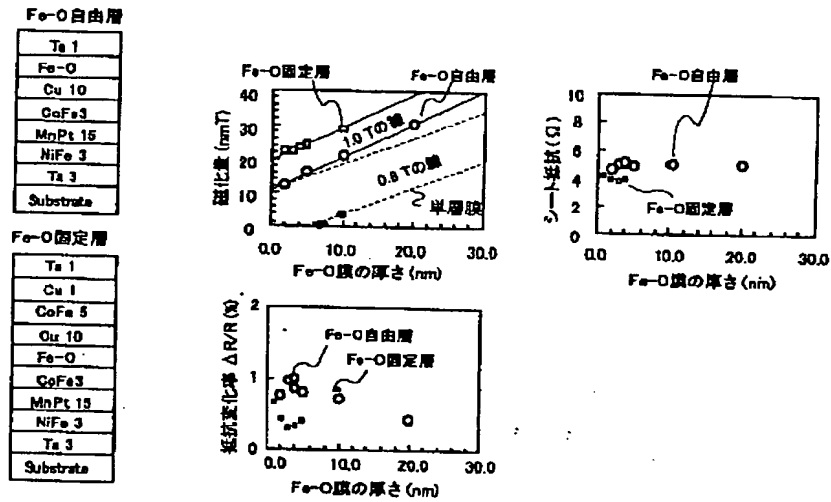
Ta 1
Cu 1
CoFe 5
Cu 10
Fe-O 10
CoFe3
MnPt 15
NiFe 3
Ta 3
Substrate

270°C、3h熱処理



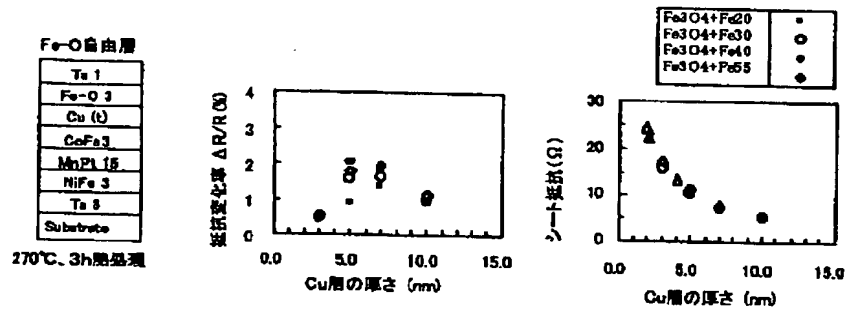
【図12】

図12



【図13】

図13



【図16】

図16

